



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



IUMPA

XXXIV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física 2013

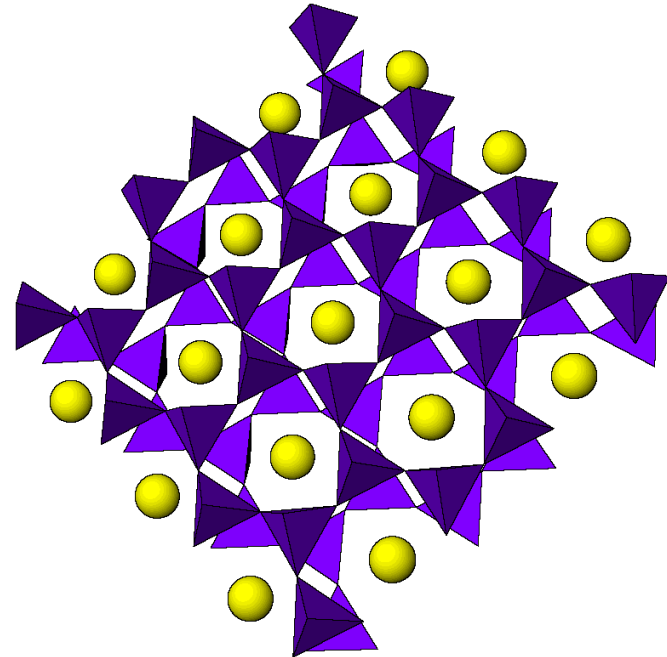
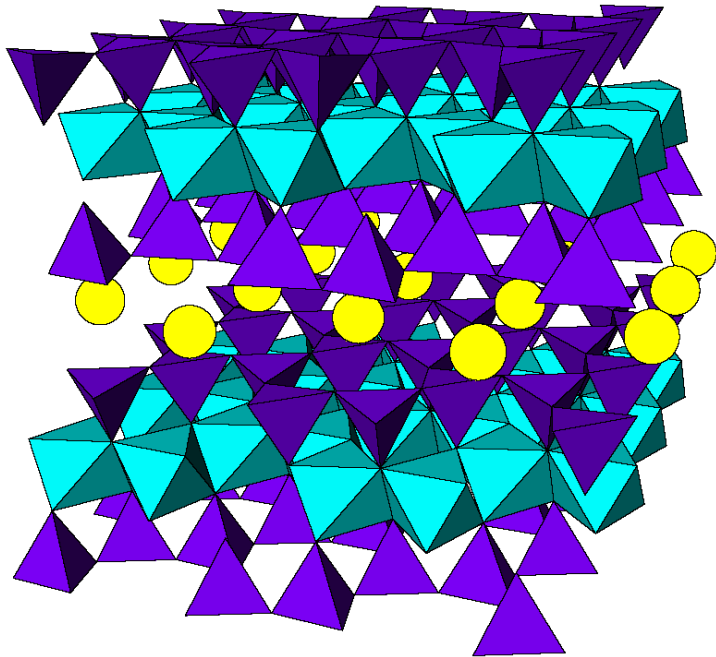
Kinks supersónicos en redes repulsivas

Noé Jiménez, Victor Sánchez-Morcillo, Lluís M. García-Raffi,
Yuriy Kosevich, Juan F.R. Archilla



Motivación: El cristal de mica

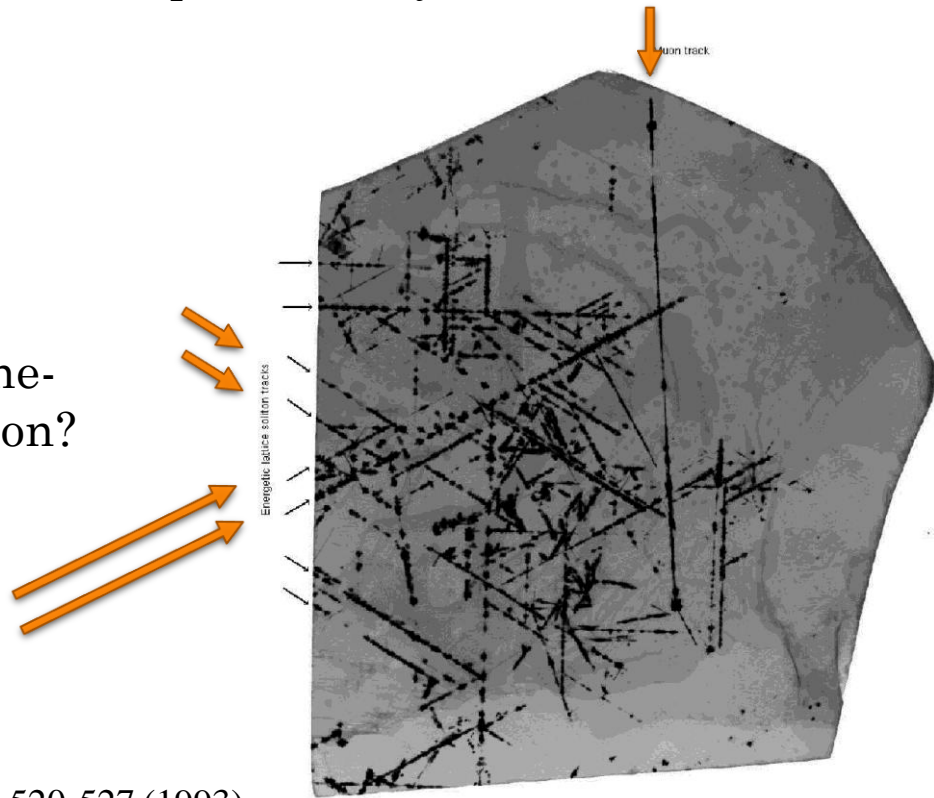
- Silicato estratificado



Capacidad de grabación de trazas

Coulomb scattering of muons
produced by neutrinos in cosmic rays

¿Nonlinear quasi one-
dimensional excitation?
quodon

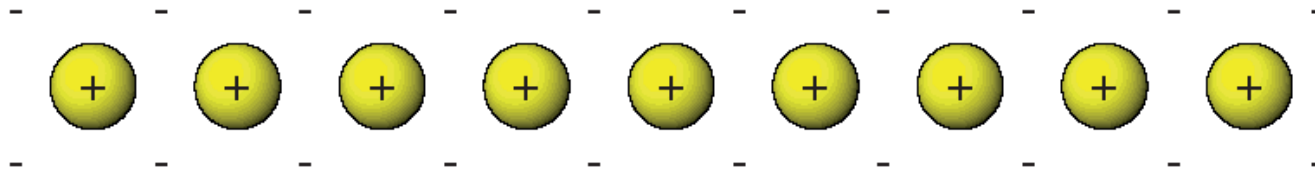


D.R. Collins et al, *Phys. Chem. Minerals*. 19: 520-527 (1993)

G. Brudeylins, D. Schmicker, *Surface Science*, 333: 237-242 (1995).

Modelización

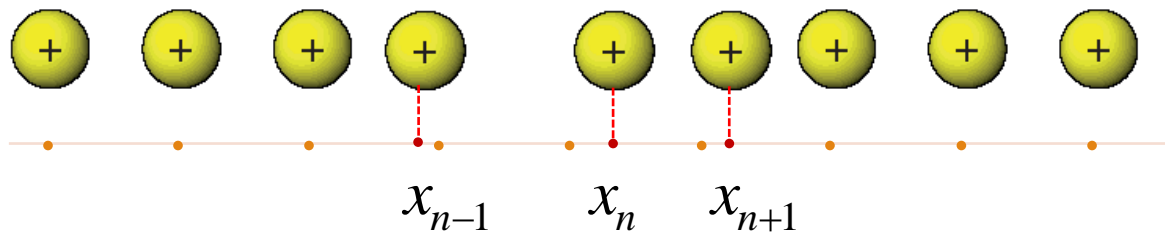
- Cadena repulsiva de Coulomb 1D



- Perturbaciones longitudinales
- Repulsión de Coulomb's con fuerte apantallamiento
- Limitado a los vecinos cercanos ($N=1 - 6$)
- Cargas en los extremos mantienen los cationes

Modelo

- Desplazamientos:

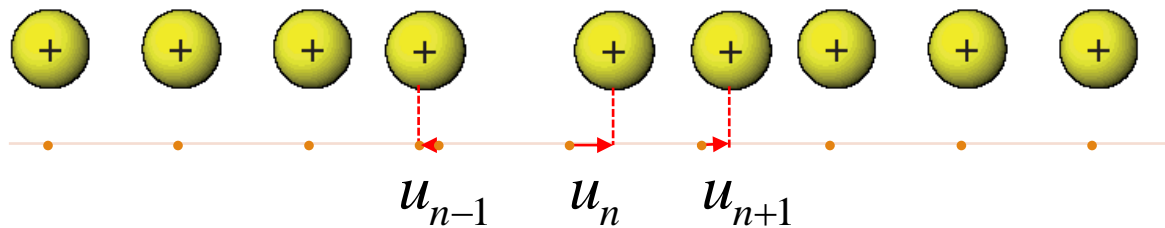


- Ecuación de movimiento:

$$m_k \frac{\partial^2 x_n}{\partial t^2} = -\frac{Ke^2}{x_{n+1} - x_n} + \frac{Ke^2}{x_n - x_{n-1}}$$

Modelo

- Normalización: velocidad 2.6 km/s; energía 2.8 eV; frecuencia 5 THz



- Ecuación de movimiento:

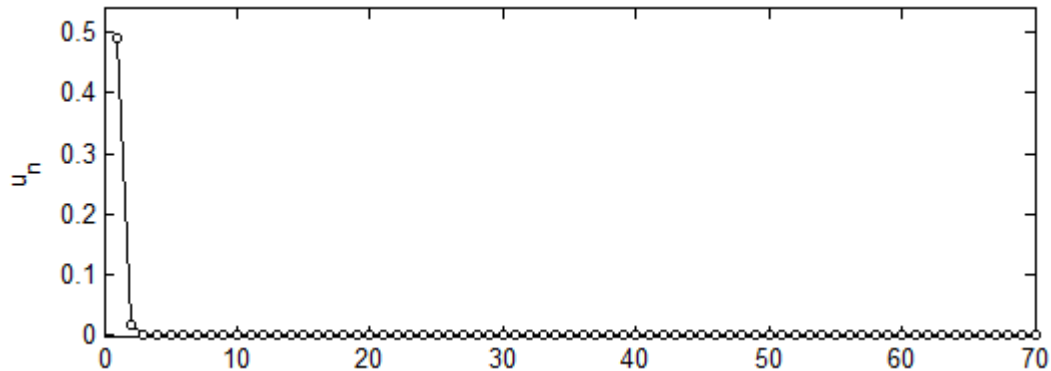
$$\frac{\partial^2 u_n}{\partial t^2} = -\frac{1}{1 + u_{n+1} - u_n} + \frac{1}{1 + u_n - u_{n-1}}$$

$$v_n = u_n - u_{n-1}$$

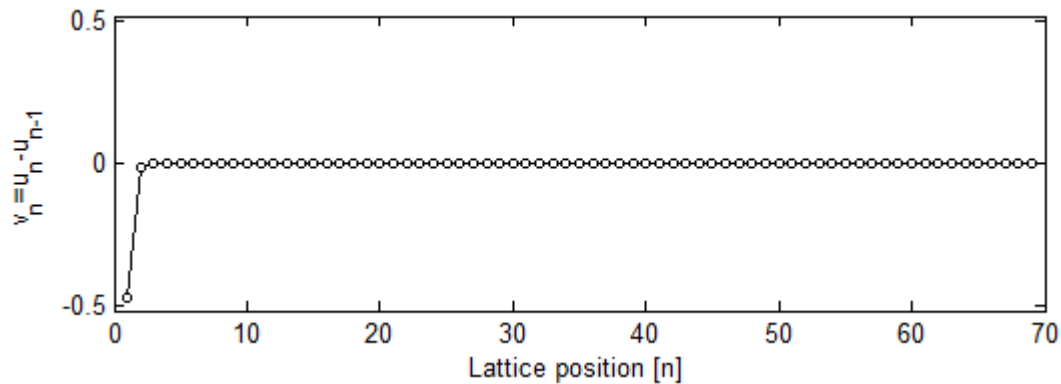


Kink $N=1$

$$u_{n=1}(t) = A_0 \sin(\omega t) \quad \text{para} \quad \omega t < \pi$$



$A_0 = 0.95$

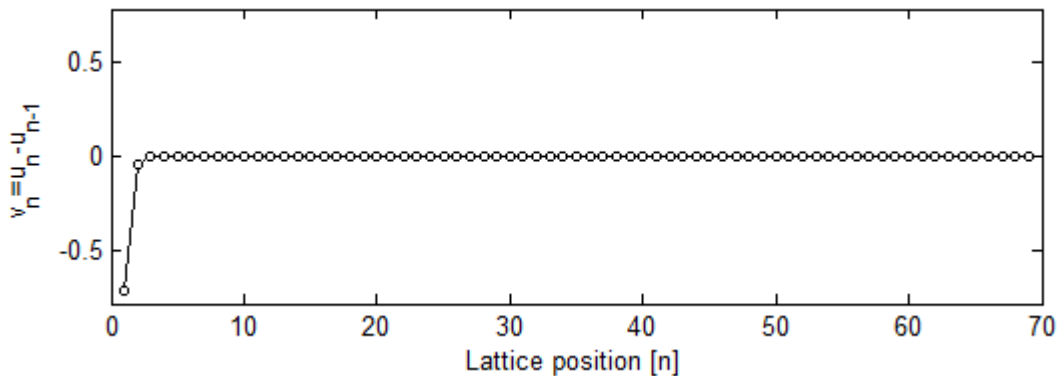
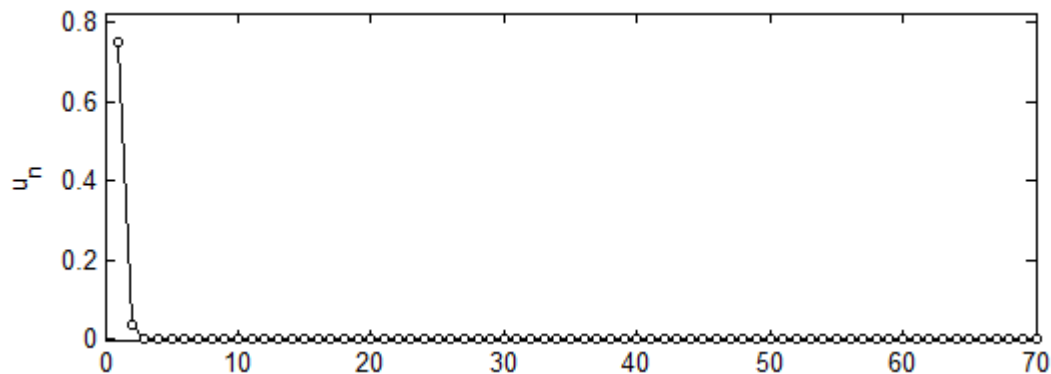


Kink N=1

$$u_{n=1}(t) = A_0 \sin(\omega t) \quad \text{para} \quad \omega t < \pi$$



$$A_0 = 1.5$$



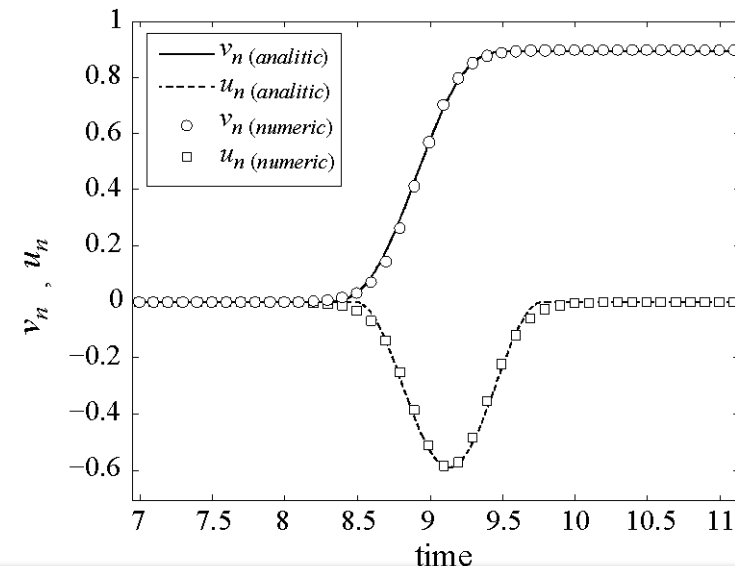
Solución de prueba

- Para “magic wave number” $q=2\pi/3 \rightarrow 3$ osciladores en movimiento

$$v_n(n,t) = \begin{cases} v_n = -\frac{A}{2} 1 + \cos(qn - \omega t) & \text{si } -\pi < qn - \omega t < \pi \\ v_n = 0 & \text{resto} \end{cases}$$

- Aproximación de onda rotante (RWA)

$$V = \frac{1}{1 - A^{3/4}} c \frac{\sin q/2}{q/2}$$

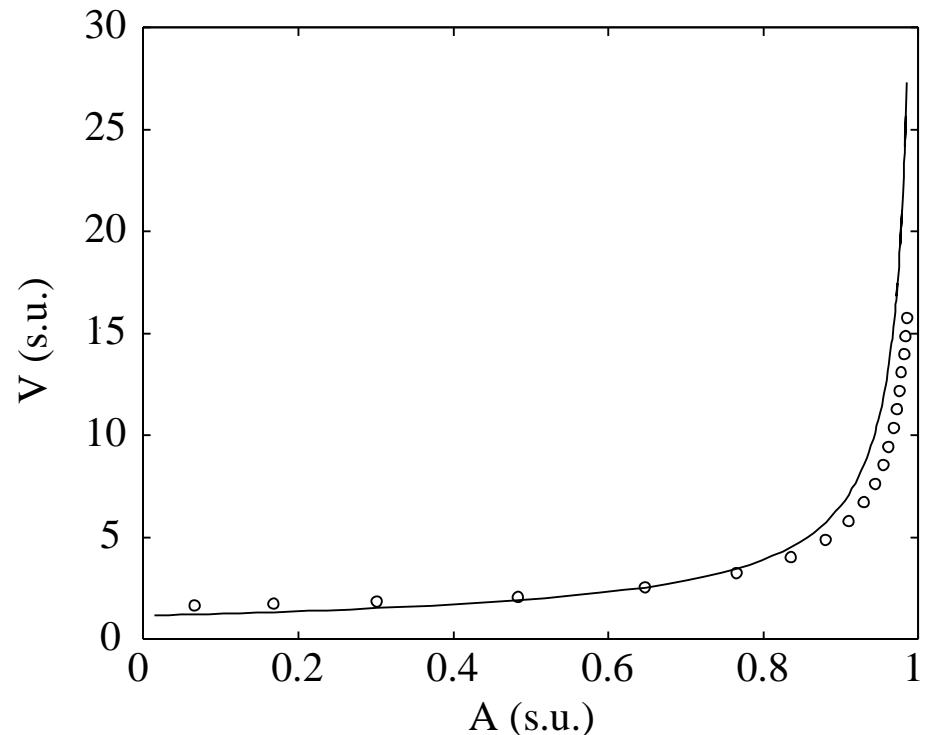


Aproximación de onda rotante (RWA), velocidad vs. amplitud

$$V = \frac{1}{1 - A^{3/4}} c \frac{\sin q/2}{q/2}$$

- Numero de onda “mágico” $q=2\pi/3$

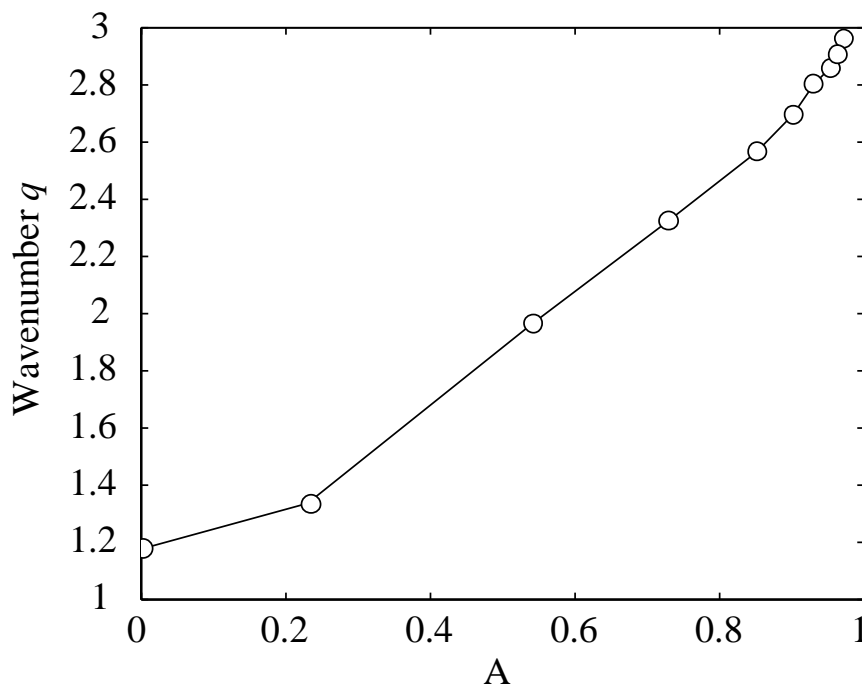
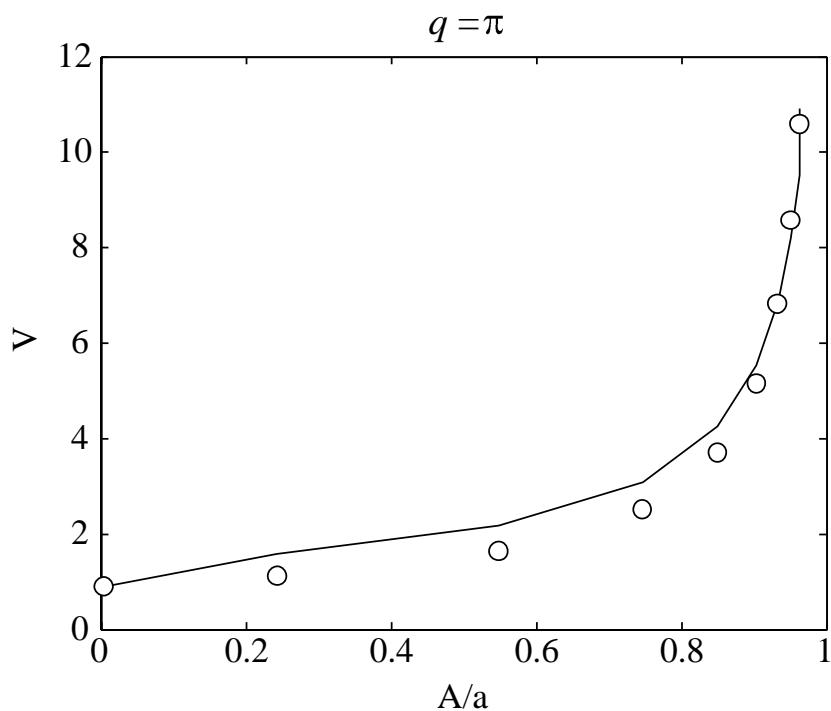
$$V = \frac{3\sqrt{3}c}{2\pi} \frac{1}{1 - A^{3/4}}$$



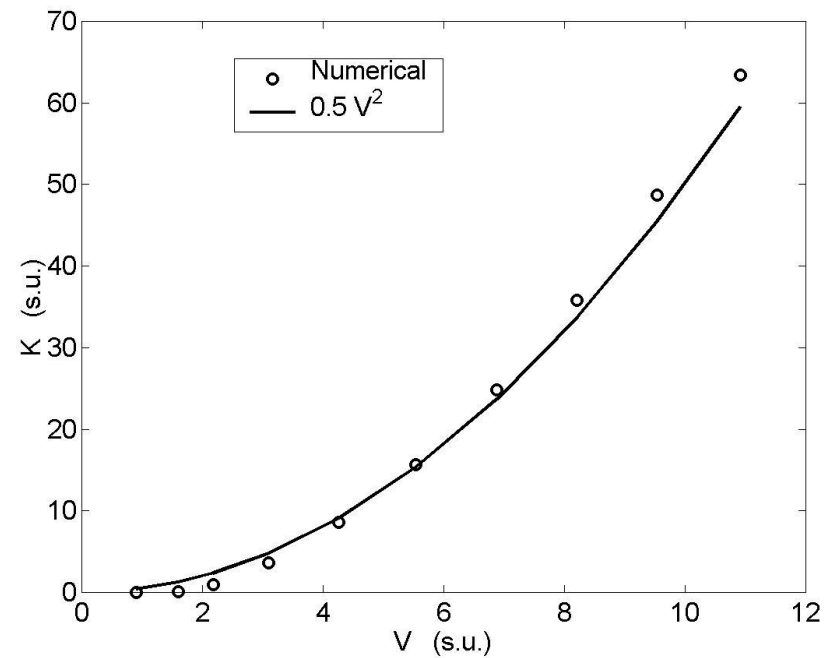
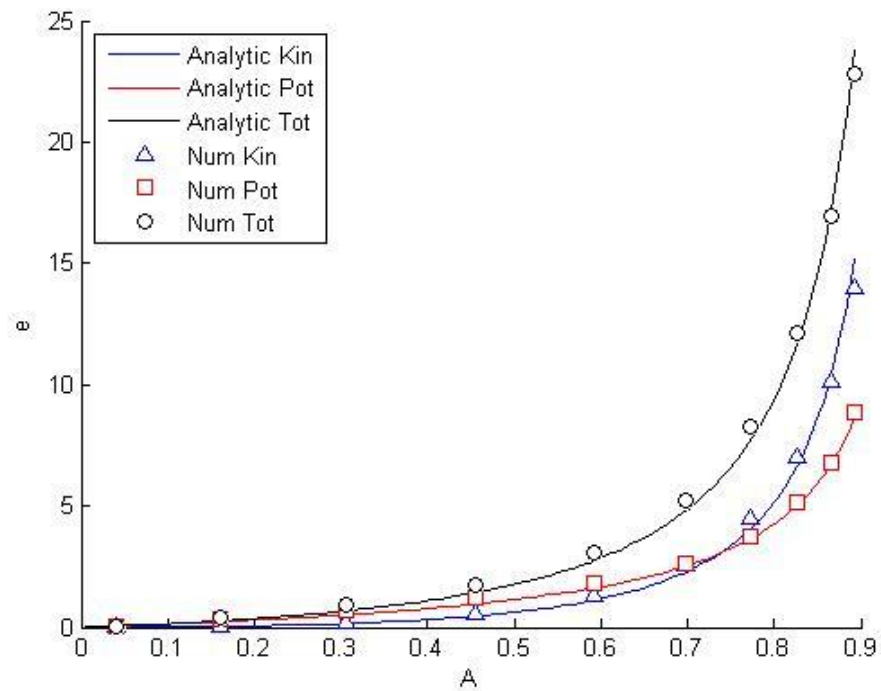
¿Es tan “mágico” $q=2\pi/3$?

$$V = \frac{1}{1-A^{3/4}} c \frac{\sin q/2}{q/2}$$

• Numero de onda numérico



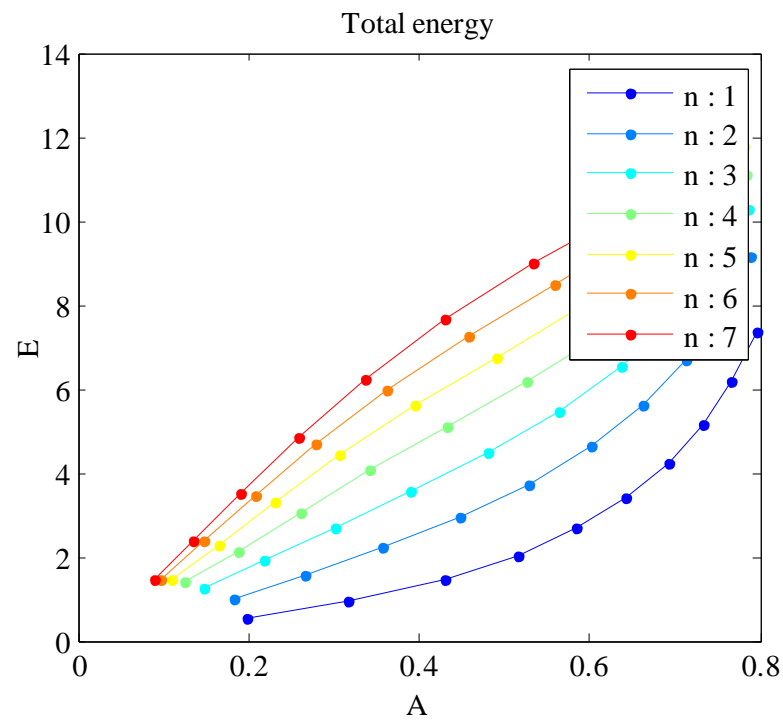
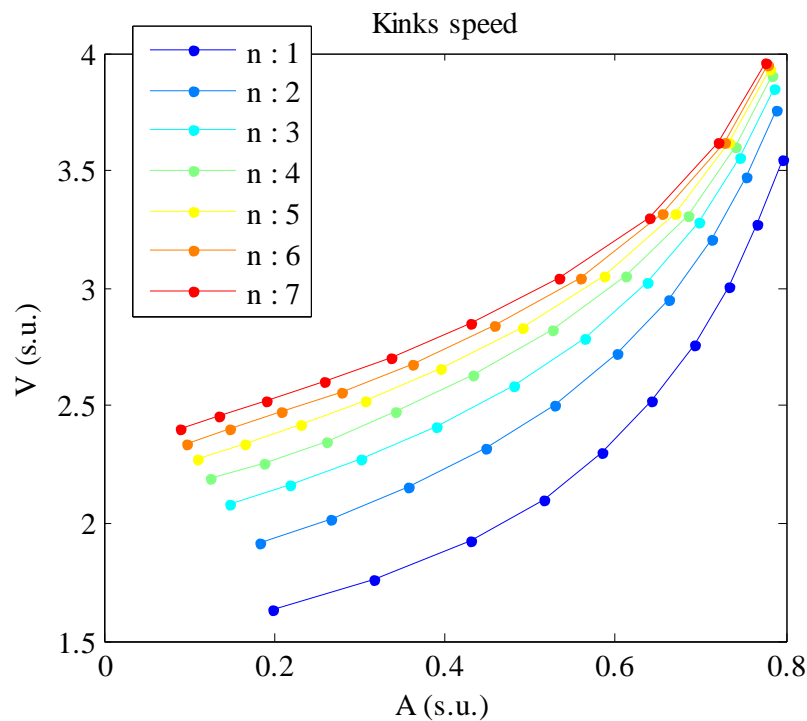
Energía del kink



Se comportan como una
quasi-partícula de masa
unitaria

Interacción de largo alcance (N-vecinos)

- Se han obtenido kinks hasta 30 vecinos

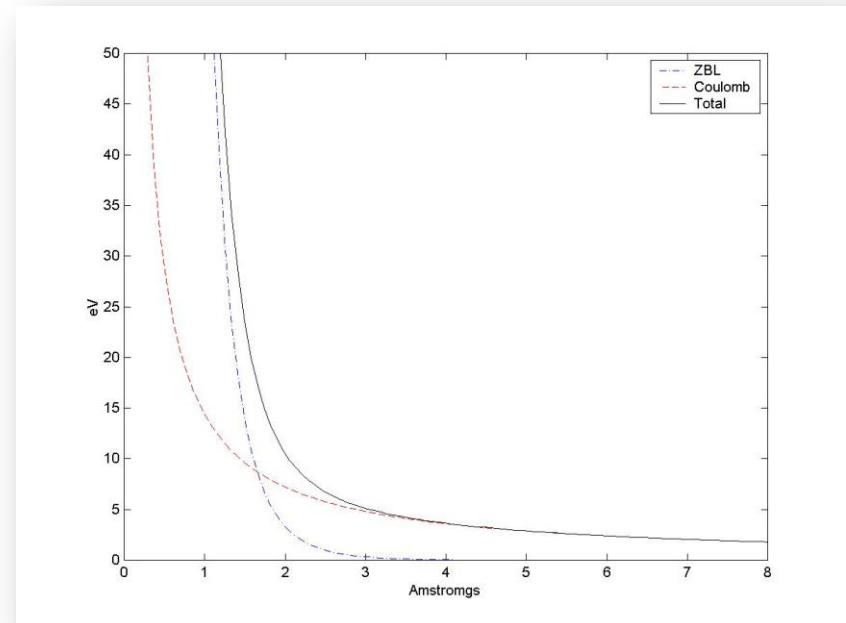


Las distancias de interacción no son realísticas

- Potencial de corto alcance: **Ziegler Biersack Litmark (ZBL):** potencial para colisiones de alta energía
- Hasta 200 keV

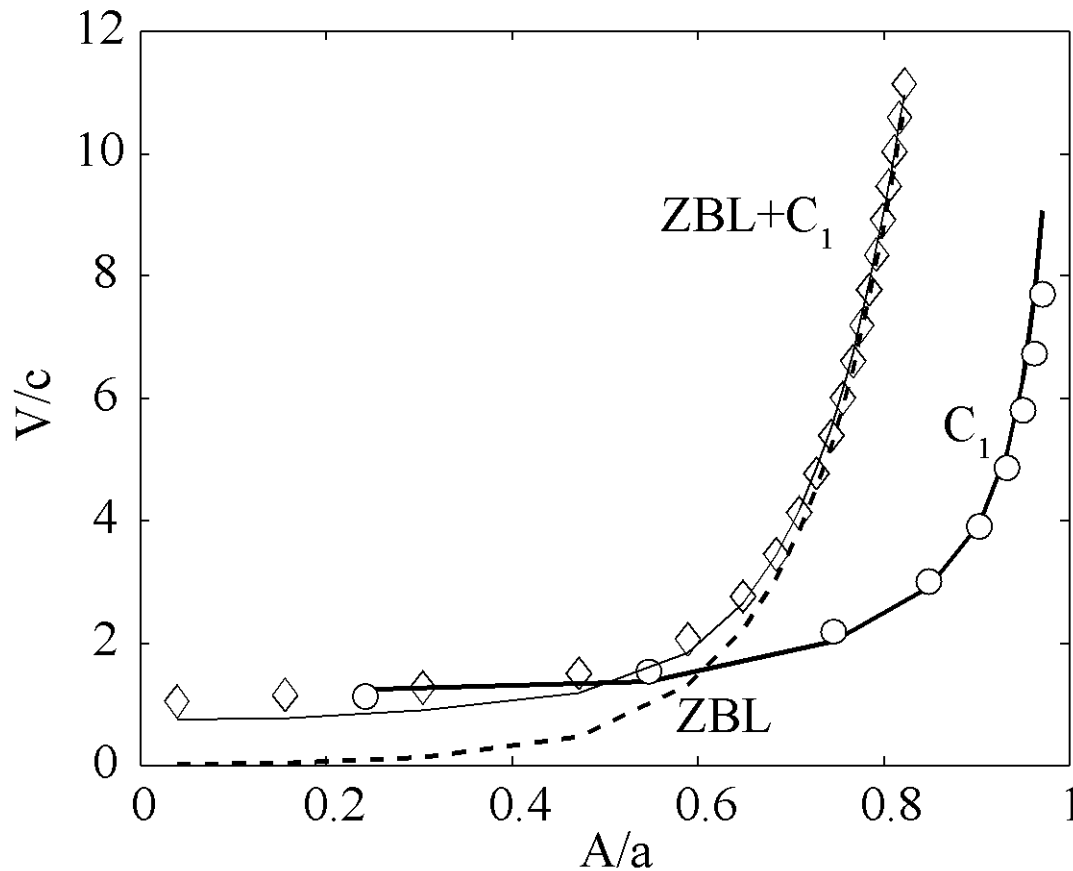
$$V(r) = \frac{2650eVA}{r} \exp\left(-\frac{r}{0.3A}\right)$$

$$V(x) = \frac{184}{x} \exp\left(-\frac{x}{0.06}\right)$$



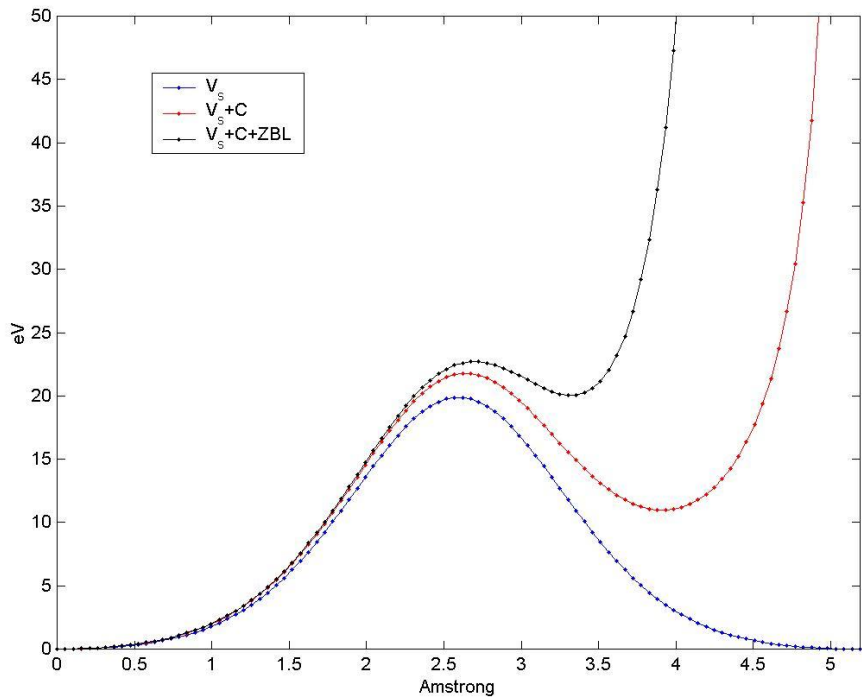
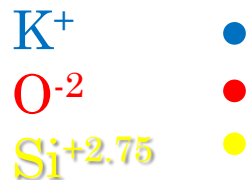
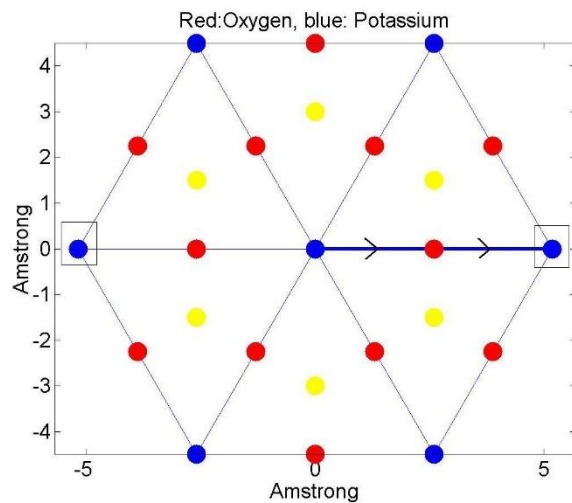
Ziegler JF, Biersack JP, Littmark U, *The Stopping and Range of Ions in Matter* (Pergamon, New York, 1985)

Velocidad del kink (ZBL + Coulomb)



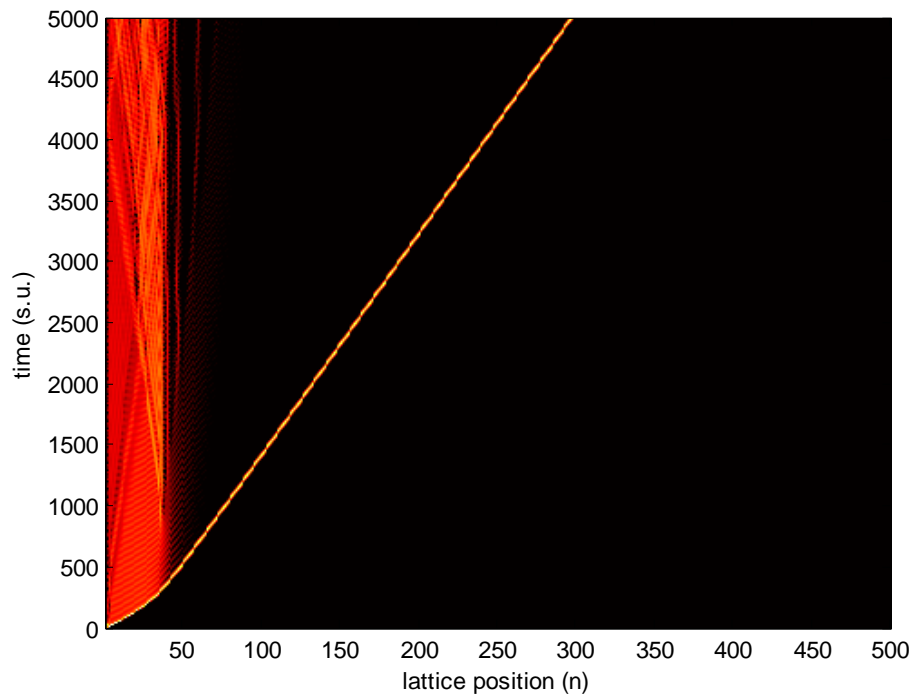
Potencial sustrato

- Potenciales Coulomb y Born Mayer (Russell&Collins, Rad. Meas. 25, 667 (1995))

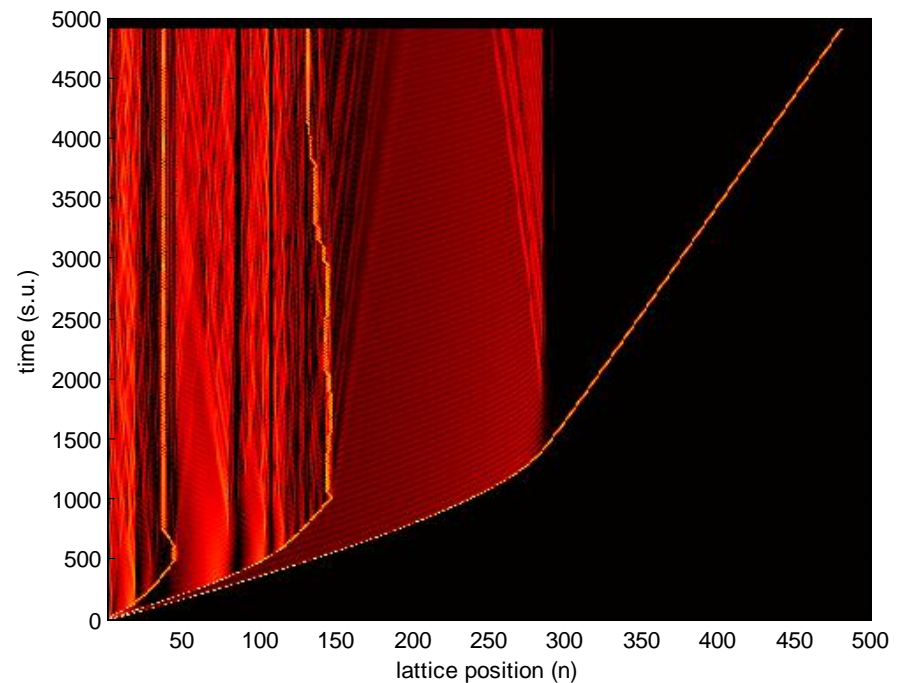


Potencial sustrato: Energías

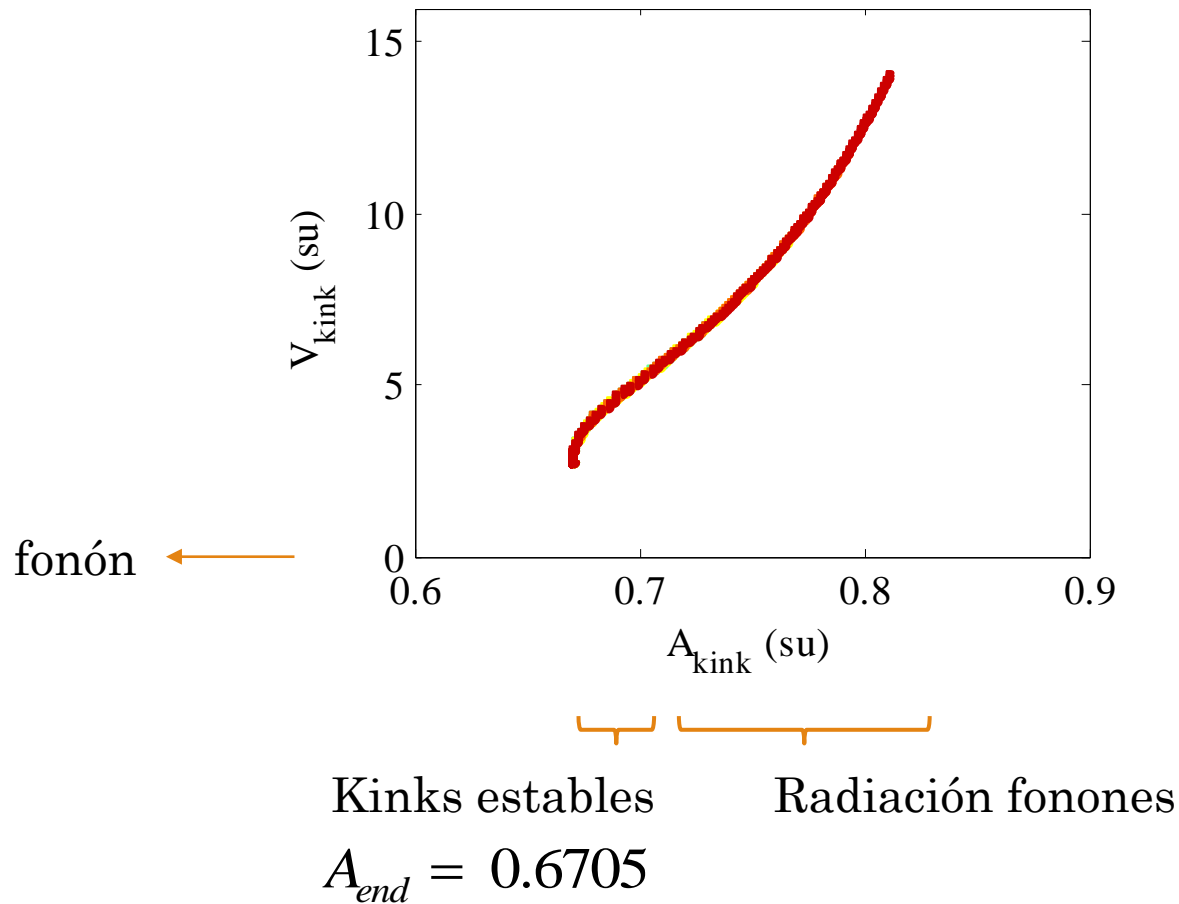
$$A_{init} = 0.7 \quad A_{end} = 0.6705$$



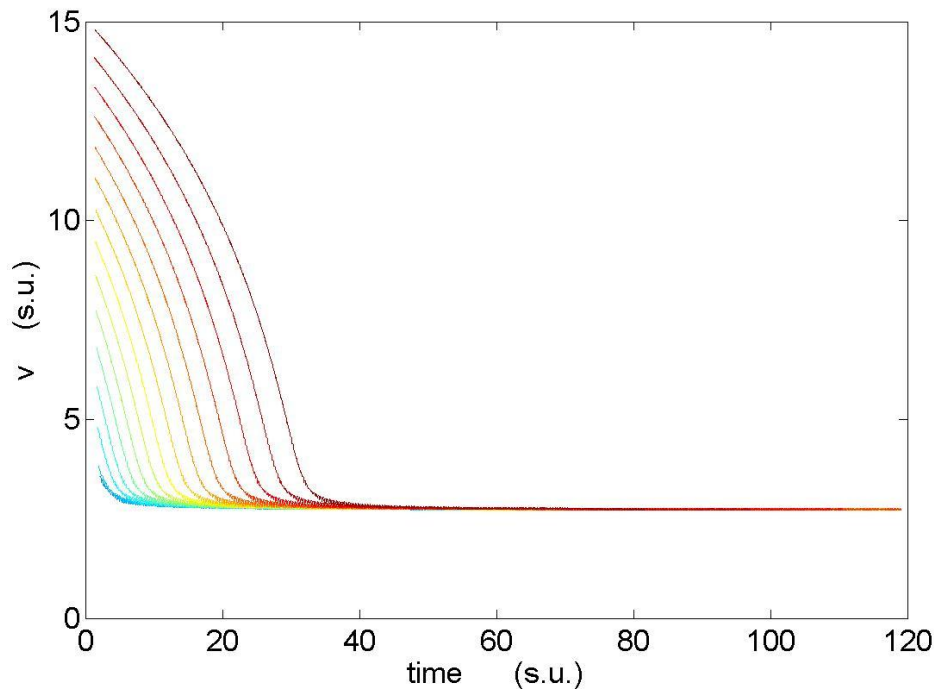
$$A_{init} = 0.8 \quad A_{end} = 0.6705$$



Potencial sustrato: Energías



Lattice kinks o Crowdions



$V \sim 2c = 8\text{km/s}$, $E=28\text{ eV}$

Recoil of K^+ : 40 eV.

Energías de eyección sobre 3-8 eV.

Crowdions in MD for Ni in 2D and 3D:
AM Iskandarov, Comp. Mat. Sci (2009) 429



Conclusiones

- El mineral de mica tiene una capacidad de grabación de trazas de partículas y/o excitaciones localizadas
- Hay “algo” energético y localizado propagándose en sus capas
- Con los parámetros de la mica aparecen kinks localizados y energéticos que se han caracterizado numérica y analíticamente
- Los lattice kinks adoptan una única y estable velocidad y energía
- La energía del kink está entre la energía de enlace y la energía proporcionada por el K^{40} decay.
- Los lattice kinks en redes de Coulomb son buenos candidatos para quodones en mica

Conference:



Quodons in Mica



Nonlinear Localized Travelling Excitations in Crystals
Meeting in honor of Prof. Mike Russell,

Altea, Alicante
18-21 / Sep / 2013

www.quodons.webs.upv.es



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



XXXIV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física 2013

Gracias por su atención

Noé Jiménez

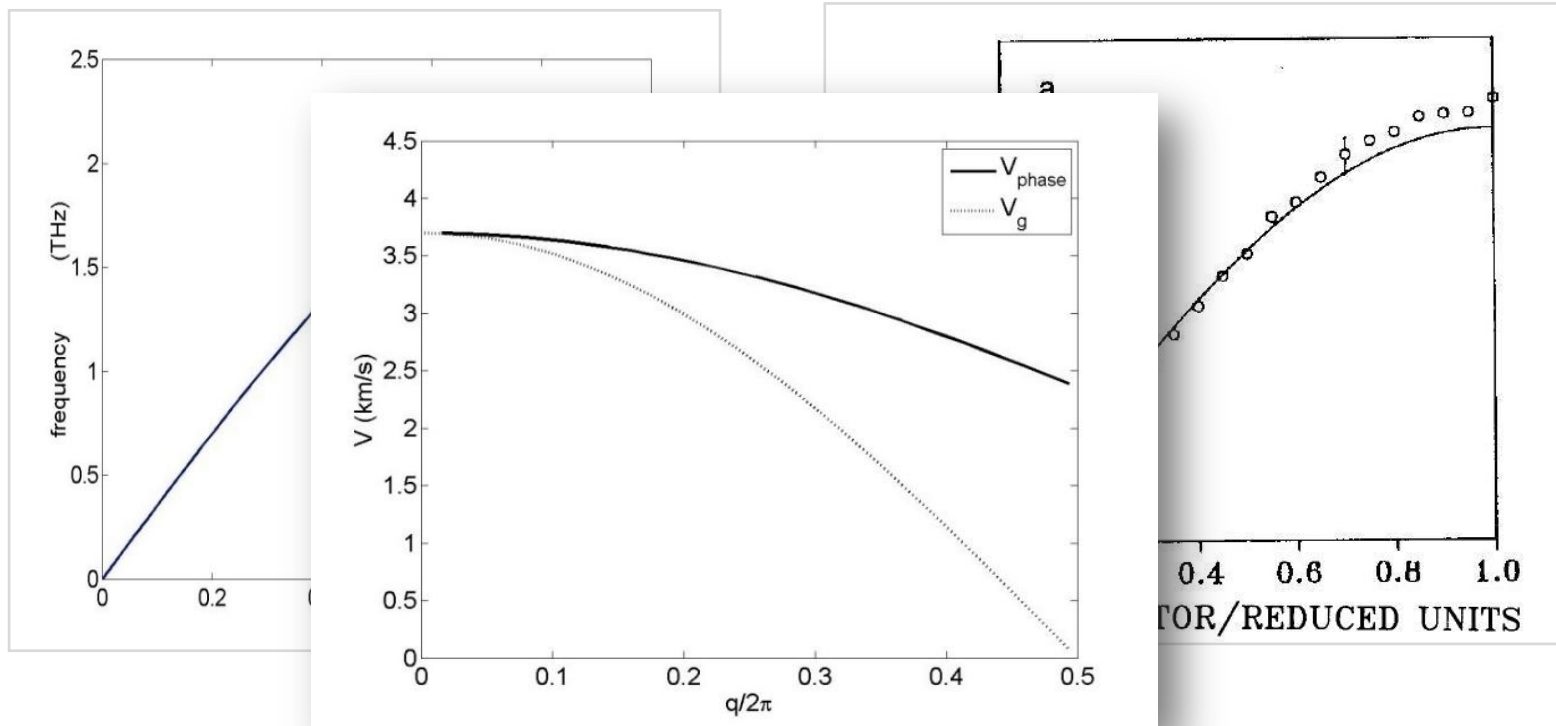




Referencias

- Kosevich, Yu. A., Khomeriki, R. & Ruffo, S. (2004). Supersonic discrete kink-solitons and sinusoidal patterns with “magic” wave number in anharmonic lattices, *Europhys, Lett.* 66, 21-27.
- Dubinko, V.I., Selyshchev, P. A. & Archilla, J.F.R. (2011). Reaction rate theory with account of the crystal anharmonicity. *Phys Rev E* 83, 041124,1-13.
- Russell, F. M. & Eilbeck, J. C. (2007). Evidence for moving breathers in a layered crystal insulator at 300K. *Europhys, Lett.*, 78, 10004,1-5.

Espectro de fonones y velocidad del sonido



D.R. Collins et al, *Phys. Chem. Minerals.* 19: 520-527 (1993)

G. Brudeylins, D. Schmicker, *Surface Science*, 333: 237-242 (1995).